

ЕГОРОВ Василий Николаевич

**ПОВЫШЕНИЕ ТЯГОВО-СЦЕПНЫХ СВОЙСТВ
ТРАКТОРНО-ТРАНСПОРТНОГО АГРЕГАТА
ПРИ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАБОТАХ**

Специальность 05.21.01 – Технология и машины
лесозаготовок и лесного хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Екатеринбург – 2012

Работа выполнена на кафедре «Эксплуатация машинно-тракторного парка»
ФГБОУ ВПО «Уральская государственная сельскохозяйственная академия».

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Охотников Борис Лазаревич

Официальные оппоненты: **Плаксин Алексей Михайлович**
доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВПО ЧГАА / кафедра эксплуатации
машинно-тракторного парка, профессор

Боровских Александр Михайлович
кандидат технических наук, профессор
ФГБОУ ВПО УГЛТУ / кафедра сервиса и
эксплуатации транспортных и
технологических машин, профессор

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский
государственный лесотехнический
университет имени С.М. Кирова»

Защита состоится 22 марта 2012 г. в 13-00 часов на заседании
диссертационного совета Д 212.281.02 при ФГБОУ ВПО «Уральский
государственный лесотехнический университет», 620100, г. Екатеринбург,
Сибирский тракт 37, зал заседаний – аудитория 401.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО
«Уральский государственный лесотехнический университет».

Автореферат разослан _____ 2012 г. и размещен на официальном
сайте ФГБОУ ВПО УГЛТУ <http://www.usfeu.ru> ____ 2012 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат технических наук, доцент _____ Н.В. Куцубина

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В настоящее время в лесном фонде РФ имеется 1,6 млн. км лесных дорог. Из них 70% - лесовозные и лесохозяйственные. Автомобильные дороги с твердым покрытием составляют всего 11% от общей протяженности лесных дорог, а грунтовые дороги круглогодичного действия – 32%. Усугубляется процесс перевозки тем, что при выполнении лесохозяйственных и других работ эффективность использования транспортных агрегатов снижается из-за недостаточного сцепления ведущих колес с поверхностью движения.

При выполнении лесохозяйственных работ, особенно в лесопарковых зонах в виде рубок ухода, санитарных рубок над экономическими показателями преобладают экологические, связанные с сохранением почвогрунтов. Регулирование тягово-сцепных свойств транспортных агрегатов направлено на обеспечение сохранности почвы. При выполнении данной работы ставится задача получения характеристик тягово-сцепных свойств, обеспечивающих сохранность почвогрунтов, при микропрофиле поверхности движения характерном для лесопарковых зон и лесных дорог. Решение комплексной задачи по увеличению технико-экономических показателей ТТА в сочетании с экологическими показателями сохранности почв является актуальной задачей.

За последние 15 лет мощность большинства колесных тракторов возросла в 1,4...2,0 раза, а грузоподъемность используемых прицепов осталась на прежнем уровне. Это приводит к недоиспользованию мощности двигателей на 35...50%, что отрицательно сказывается на технико-экономических показателях транспортных работ.

В лесопромышленном и сельскохозяйственном производстве, в связи с дорожными условиями, транспортные средства движутся со скоростью 6 ... 10 км/ч. При этом имеет место высокое сопротивление перемещению транспортных средств, буксование, расход топлива, снижается производительность ТТА, повышается себестоимость работ. Особенно ярко это наблюдается в осенне-весенний период и зимой, когда происходит обильное выпадение осадков.

Улучшение показателей использования тракторно-транспортного агрегата возможно обеспечить за счет более полного использования мощности колесных тракторов.

Одним из перспективных направлений является повышение сцепного веса трактора (тягача), и в первую очередь, путем перераспределения нагрузок между осями агрегата. Следует отметить при этом недостаточную научную проработанность вопроса, касающегося использования гидросистемы трактора для догрузки ведущих колес с целью повышения его тягового усилия. Существующие исследования по теме имеют преимущественно экспериментальный характер и сводятся к опытной проверке эффективности применения догружающего устройства в статических условиях, в то время как исследования в процессе движения недостаточны.

Это определило направление научного поиска – повышение эффективности использования тракторно-транспортного агрегата путем перераспределения нагрузок между его осями и выбор темы исследования.

Работа выполнена в соответствии со Стратегией развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2020 года.

Область исследования соответствует п. 4 «Исследование условий функционирования машин и оборудования, агрегатов, рабочих органов, средств управления», п. 5 «Обоснование и оптимизация параметров и режимов работы лесозаготовительных и лесохозяйственных машин» Паспорта ВАК по специальности 05.21.01 (технические науки).

Цель работы – повышение эффективности использования тракторно-транспортного агрегата путем перераспределения нагрузок между его осями в результате действия силовой гидросистемы трактора.

Задачи исследования:

1. Установить закономерности процесса перераспределения нагрузок между осями ТТА от параметров агрегата и системы увеличения сцепного веса.
2. Исследовать влияние неровностей поверхности движения ТТА на тягово-сцепные свойства трактора в условиях лесных повогрунтов, при перераспределении нагрузок между осями агрегата.
3. Разработать методику и провести экспериментальные исследования эксплуатационных показателей ТТА при использовании системы догрузки ведущих колес трактора, с учетом неровностей, характерных для лесопарковых зон и полевых условий. Выполнить технико-экономическую оценку разработки.

Объектом исследования является процесс передвижения тракторно-транспортного агрегата при различном распределении нагрузки между его осями и сложности условий движения.

Предмет исследования – закономерности изменения тягово-сцепных свойств трактора в составе ТТА в зависимости от условий движения и параметров перераспределения нагрузки по его осям.

Методика исследований: экспериментальные исследования проводились в лабораторно-полевых и производственных условиях с использованием опытного образца устройства увеличения сцепного веса трактора с регистрацией технико-эксплуатационных показателей электротензосредствами. Результаты экспериментальных исследований обрабатывались статистическими методами с применением ЭВМ.

Научная новизна работы:

- установлены закономерности изменения тягово-сцепных свойств трактора в составе ТТА в зависимости от параметров системы перераспределения нагрузок между осями;
- установлена взаимосвязь между колебаниями степени неровностей поверхности движения и величиной варьирования догрузки ведущих колес трактора.

Практическая ценность. Результаты исследований позволяют повысить эффективность использования колесных тракторов, и в первую очередь в условиях лесопромышленного производства. Перераспределение нагрузок

между осями предотвращается разрушение почвенного покрова в лесопарковых зонах. Снижает эксплуатационные расходы по обслуживанию лесопарковых зон и делает их более привлекательными для посещения людей.

Применение предлагаемой системы догрузки ведущих колес позволит эксплуатировать тракторы тягового класса 1,4 с прицепами грузоподъемностью до 6,0 т. При этом повышается производительность агрегата и снижается себестоимость работ.

Основные научные положения и результаты исследования, выносимые на защиту:

- закономерности изменения тягово-сцепных свойств трактора в составе ТТА в зависимости от параметров системы перераспределения нагрузок между осями;
- направления по совершенствованию системы перераспределения нагрузок между осями агрегата с помощью силовой гидросистемы трактора;
- взаимосвязь между колебаниями величины неровностей поверхности движения и варьированием догрузки ведущих колес трактора при различной скорости движения.

Реализация результатов исследований. По результатам исследований разработан, изготовлен и испытан тракторный транспортный агрегат в составе трактора МТЗ-80 с прицепом 2ПТС-6 и устройством для увеличения сцепного веса трактора.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались на VI, VII всероссийских научно-технических конференциях «Проблемы и достижения автотранспортного комплекса», УрФУ, Екатеринбург, 2008 – 2009 г.г.; международной научно-технической конференции «Достижения науки – агропромышленному производству», ЧГАА, Челябинск, 2011 г.; на научных семинарах кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка» ФГБОУ ВПО УрГСХА.

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 9 научных работ, в том числе 4 в изданиях, рекомендованных ВАК.

Структура и объем работы. Диссертационная работа изложена на 142 страницах машинописного текста, содержит 17 таблиц и 59 рисунков, состоит из введения, четырех глав, общих выводов, списка использованных источников (124 наименования) и приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, определены ее цель и задачи, приведены результаты, выносимые на защиту, научная новизна и практическая значимость исследования.

Первая глава «Состояние вопроса и задачи исследований» посвящена обзору научных исследований, способов и конструктивных решений по повышению тягово-сцепных свойств трактора путем перераспределения нагрузок на оси тракторно-транспортного агрегата на основе использования штатного буксирного устройства, оценке возможности использования

штатной силовой гидросистемы универсально-пропашного трактора для увеличения его сцепного веса при работе с двухосным прицепом.

Вопросами повышения эффективности использования транспортных агрегатов занимались такие ученые, как Атаманов Ю.Е., Турлай С.Н., Шкарлет А.Ф., Кучеренко Д.А., Геращенко В.В., Силуков Ю.Д., Ковалев Р.Н., Большаков Б.М., Боровских А.М., Горшков Ю.Г., Щитов А.С. Большой вклад в усовершенствование прицепного устройства внесли Дорошенко И.Н., Рыжих Н.Е., Фортунa В.И., Агейкин Я.С., Гребнев В.П., Ворохобин А.В., Скурятин Н.Ф., Малюгин Т.Т., Ткаченко И.И., Климов А.Н., Охотников Б.Л. и другие.

При движении ТТА по поверхности с низкими тягово-сцепными свойствами целесообразно увеличение сцепного веса трактора. Рациональным способом увеличения сцепного веса является перераспределение нагрузок между осями ТТА. Данный способ позволяет эксплуатировать ТТА без форсированных режимов движения и избежать повышенного буксования, влияющего на территории санитарных рубок, обеспечение экологических требований территорий лесопарковых зон и других объектов.

Как показывают исследования, использование догружающего устройства в совокупности с гидросистемой трактора, позволяет улучшать его тяговые свойства путем перераспределения нагрузки от прицепа на ведущий мост, что необходимо при появлении недостаточного сцепления ведущего аппарата с несущей поверхностью. Анализ работ показывает, что вопрос изменения нагрузок на оси ТТА с помощью гидрофицированного догружающего устройства в процессе движения агрегата на сегодняшний день полностью не решен.

В качестве гипотезы было выдвинуто предположение, что увеличение сцепного веса может быть реализовано с использованием штатной гидросистемы трактора путем воздействия на подъем передней оси прицепа через удлинители нижних тяг навески и дышло прицепа. При этом увеличивается движущая сила на ведущих колесах, обуславливающая рост тягового усилия трактора.

Сформулированы цель и задачи исследования.

Во второй главе *«Исследование тягово-сцепных свойств трактора при перераспределении нагрузок между осями ТТА»* установлены закономерности влияния параметров ТТА и догружающего устройства на перераспределение нагрузок между осями агрегата.

Исходя из конструктивных особенностей трактора, установлены закономерности изменения тягово-сцепных свойств в зависимости от параметров процесса перераспределения нагрузок по его осям в условиях недостаточного сцепления движителей с несущей поверхностью (лесные почвогрунты, полевые дороги и др.).

На рисунке 1 приведена схема устройства, позволяющего перераспределять нагрузки между осями ТТА с использованием гидросистемы трактора.

Догрузка осуществляется через перенос части нагрузки с передних осей трактора и прицепа:

$$Q_{3T}(P_1) = f(N_{\Pi}, T_1) \quad (1)$$

При этом должны соблюдаться следующие ограничения:

$N_{\Pi} \leq N_{\Pi}^{\text{доп}}$ – обеспечение управляемости трактора;

$Q_{3T} \leq Q_{3T}^{\text{доп}}$ – ограничение нагрузки на опорные подшипники и шины задней оси трактора;

$P_1 \leq P_{\text{max}}$ – максимально допустимое давление в гидросистеме трактора.

где T_1 , Q_{3T} , N_{Π} , P_1 – обозначения параметров приведены на рисунке 1; $G_{\text{тр}}$ – эксплуатационный вес трактора, кН; для трактора МТЗ-80 $N_{\Pi}^{\text{доп}} = 0,15 \cdot G_{\text{тр}}$, $Q_{3T}^{\text{доп}} = 1,2 \text{ кН}$, $P_{\text{max}} = 16 \text{ МПа}$

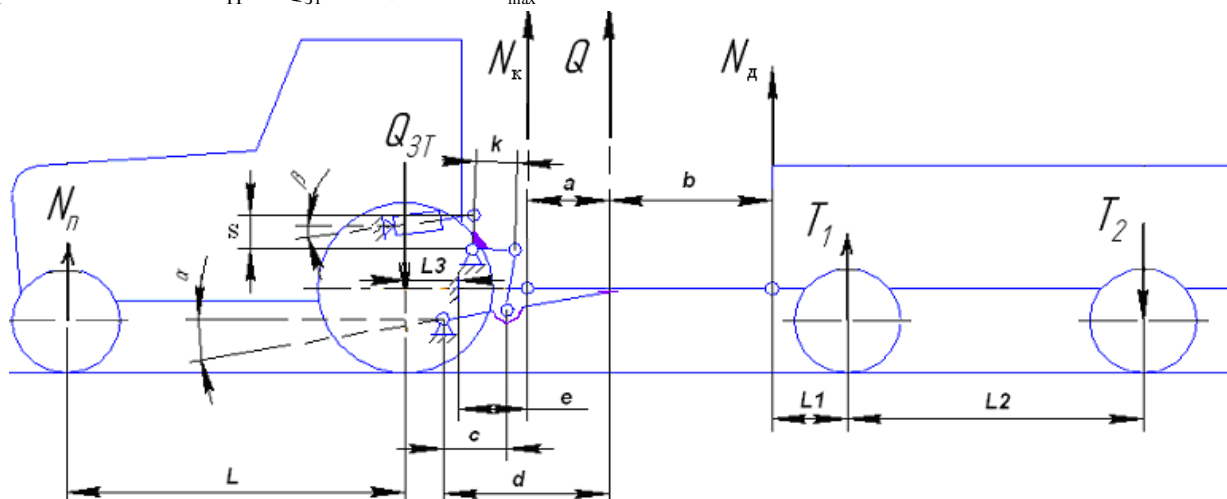


Рисунок 1 – Схема действия сил в системе при догрузке задней оси трактора и основные размеры агрегата. Силы: Q_{3T} – догрузка задней оси трактора, кН; N_{Π} – разгрузка передней оси трактора, кН; Q – усилие, создаваемое на концах удлинителей навесного устройства трактора, кН; N_{κ} – вертикальная нагрузка на буксирный крюк отдышла, кН; $N_{\text{д}}$ – вертикальная нагрузка на пальцы крепления дышла с рамой прицепа, кН; T_1 – разгрузка передней оси прицепа, кН; T_2 – догрузка задней оси прицепа, кН; P_1 – давление в гидросистеме трактора, МПа. Размеры: L – база трактора, мм; L_1 – расстояние между точкой присоединения дышла к раме прицепа и передней осью прицепа (по горизонтали), мм; L_2 – база прицепа, мм; a – расстояние между точкой присоединения дышла к буксирному крюку и точкой приложения силы Q на дышло, мм; b – расстояние между точками приложения силы Q к дышлу и точкой приложения силы $N_{\text{д}}$, мм; c – расстояние между точкой крепления нижних тяг навески к остоу трактора и точкой присоединения раскосов к нижним тягам, мм; d – расстояние между точкой крепления продольных нижних тяг навески к остоу трактора и точкой приложения силы Q к дышлу, мм; e – длина буксирного устройства, мм; k – длина плеча горизонтального рычага навески, мм; s – длина плеча поворотного рычага навески, мм; α – угол поворота продольных тяг от горизонтального положения, град.; β – угол поворота оси гидроцилиндра от горизонтального положения, град.; R – радиус поршня цилиндра силовой гидросистемы трактора, мм

Исходя из параметров представленной схемы действия сил, перераспределение нагрузок между осями ТТА выразиться зависимостями:

– разгрузка передней оси прицепа

$$T_1 = \frac{g10^{-3} s \pi R^2 P_1 \cos^2 \alpha \cdot c \cdot \cos \beta \cdot a \cdot (L_1 + L_2)}{2 k d \cdot L_2 \cdot (a + b)} \quad (2)$$

– догрузка задней оси прицепа

$$T_2 = \frac{g10^{-3}s\pi R^2 P_1 \cos^2 \alpha \cdot c \cdot \cos \beta \cdot L1 \cdot a}{2kd \cdot L2 \cdot (a + b)} \quad (3)$$

– усилие, создаваемое на концах удлинителей навески трактора

$$Q = \frac{s\pi R^2}{2k} g10^{-3} P_1 \cos^2 \alpha \frac{c}{d} \cos \beta \quad (4)$$

– вертикальная нагрузка на крепления дышла с рамой прицепа

$$N_d = \left(\frac{a}{a + b} \right) \frac{g10^{-3}s\pi R^2 P_1 \cos^2 \alpha \cdot c \cdot \cos \beta}{2kd} \quad (5)$$

– разгрузка передней оси трактора

$$N_{\Pi} = \frac{s\pi R^2 P_1 \cos^2 \alpha \cdot c \cdot \cos \beta \cdot (d + L3)g10^{-3}}{2kdL} \quad (6)$$

– догрузка задней оси трактора

$$Q_{3T} = \frac{10^{-3}gs\pi R^2 P_1 \cos^2 \alpha \cdot c \cdot \cos \beta}{2kd} \left(\frac{(L1 + L2) \cdot a}{L2 \cdot (a + b)} + \frac{d + L3}{L} \right) \quad (7)$$

где Q, R, b, T₂, T₁, L1, L2, c, d, k, s, α, β, a, Q_{3T}, N_Π – обозначения параметров приведены на рисунке 1

При неблагоприятных условиях движения в лесопарковых зонах и полевых дорогах мощность двигателя трактора не может быть реализована в полной мере из-за ограничения тягового усилия по сцеплению ведущих колес с поверхностью движения. Для повышения эффективности ТТА необходимо исследовать движущую силу по сцеплению, силу сопротивления качению колес агрегата и запас тяговой силы трактора в составе ТТА в зависимости от величины нагрузки на оси агрегата.

Запас тяговой силы трактора в составе ТТА оценивается по разности касательной силы тяги по сцеплению и силы сопротивления качению колес агрегата

$$P_3 = P_{сц} - P_f, \text{ кН} \quad (8)$$

где P_{сц} – касательная сила тяги по сцеплению, кН; P_f – сила сопротивления качению колес агрегата, кН

Касательная сила тяги по сцеплению

$$P_{сц} = \mu(N_2 + Q_{3T}), \text{ кН} \quad (9)$$

где Q_{3T} – догрузка задней оси трактора, кН; N₂ – нагрузка на заднюю ось трактора, кН; μ – коэффициент сцепления движителей с поверхностью движения

Сила сопротивления качению колес ТТА складывается из суммы сопротивлений каждой из осей агрегата

$$P_f = f(N_1 - N_{\Pi}) + f(N_2 + Q_{3T}) + f(N_3 - T_1) + f(N_4 + T_2), \text{ кН} \quad (10)$$

где f – коэффициент сопротивления качению колес; N₁, N₂ – нагрузка на переднюю и заднюю оси трактора, кН; N₃, N₄ – нагрузка на переднюю и заднюю оси прицепа, кН; N_Π – разгрузка передней оси трактора, кН; Q_{3T} – догрузка задней оси трактора, кН; T₁ – разгрузка передней оси прицепа, кН; T₂ – догрузка задней оси прицепа, кН

В условиях выполнения лесохозяйственных работ транспортный агрегат движется в основном по грунтовой дороге или бездорожью. Коэффициент сопротивления качению f при этом находится в пределах от 0,05 до 0,1, а коэффициент сцепления $\mu = 0,4 \dots 0,6$.

Зависимость касательной силы по сцеплению $P_{\text{сц}}$ от величины догрузки ведущей оси трактора представлена на рисунке 2.

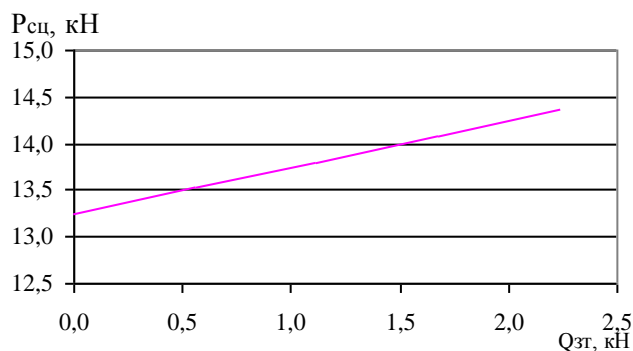


Рисунок 2 – Зависимость касательной силы по сцеплению $P_{\text{сц}}$ от величины догрузки ведущих колес трактора $Q_{\text{зт}}$ для агрегата в составе трактора класса 1,4 с прицепом грузоподъемностью 6,0 т

Анализ показывает, что трактор класса 1,4 увеличивает запас тягового усилия на крюке P_3 на 56% с ростом догрузки ведущих колес трактора $Q_{\text{зт}}$ на 2,24 кН (рисунок 3).

Увеличение сцепного веса трактора $Q_{\text{зт}}$ может быть реализовано через повышение общей массы буксируемого прицепа, которое определяется зависимостью

$$M_{\text{д}} = \frac{\mu Q_{\text{зт}} \cdot 10^{-6}}{fg}, \text{ т} \quad (11)$$

где f – коэффициент сопротивления качению колес; μ – коэффициент сцепления; $Q_{\text{зт}}$ – догрузка задней оси трактора, кН; g – ускорение свободного падения, м/с^2

Зависимость прироста общей массы прицепа $M_{\text{д}}$ от величины догрузки ведущей оси трактора $Q_{\text{зт}}$ представлена на рисунке 4.

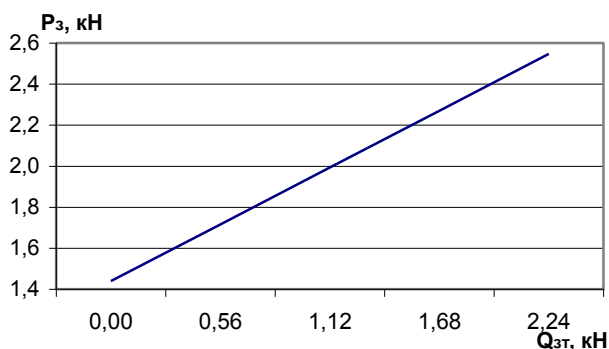


Рисунок 3 – Зависимость запаса тягового усилия P_3 трактора класса 1,4 в составе ТТА от величины догрузки ведущих колес трактора $Q_{\text{зт}}$

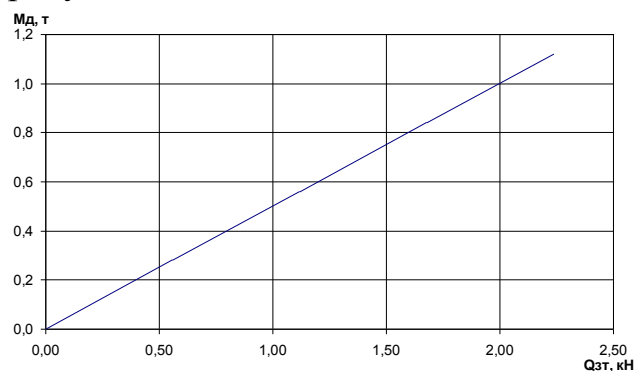


Рисунок 4 – Зависимость прироста общей массы $M_{\text{д}}$ буксируемого прицепа от величины догрузки ведущей оси трактора $Q_{\text{зт}}$

Данные показывают, что с увеличением догрузки ведущих колес (сцепного веса) трактора возрастает запас тягового усилия. Увеличение сцепного веса трактора улучшает его тягово-сцепные свойства и повышает тяговую мощность (мощность на крюке) за счет:

- повышения рабочей скорости движения (уменьшения буксования ведущих колес);
- повышения значения тягового усилия.

Проведено исследование влияния длины буксирного устройства трактора на эффективность догрузки. Зависимость перераспределения нагрузок между осями ТТА от длины буксирного устройства трактора представлена на рисунке 5 (в соответствии с зависимостями 2 ... 7).

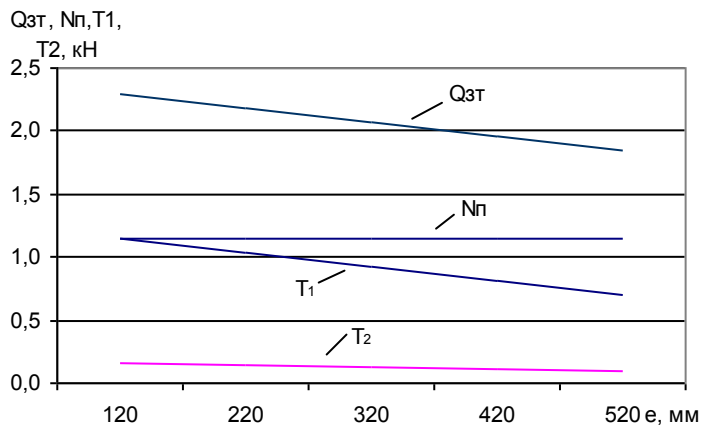


Рисунок 5 – Зависимость перераспределения нагрузок между осями ТТА от длины e буксирного устройства трактора

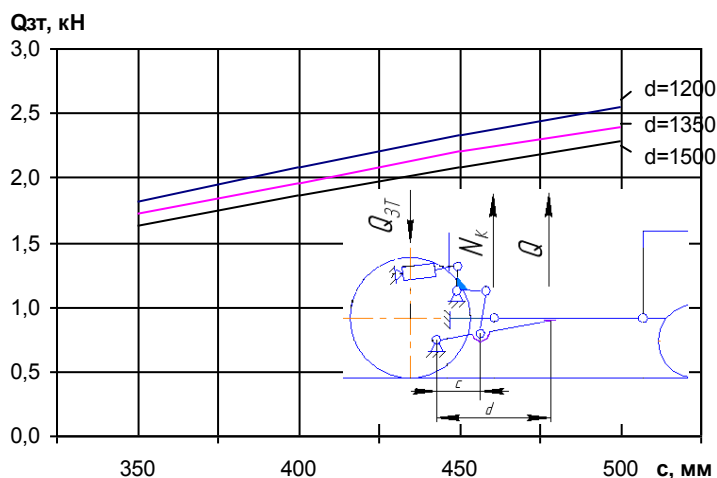


Рисунок 6 – Зависимость догрузки задней оси трактора $Q_{3т}$ от расположения точки действия силы Q на дышло прицепа: c – расстояние между точкой крепления продольных нижних тяг навески к остоу трактора и точкой присоединения раскосов к ним, мм; d – расстояние между точкой крепления продольных нижних тяг навески к остоу трактора и точкой приложения силы Q к дышлу, мм

гидросистеме трактора.

Величина варьирования давления в гидросистеме γ , является функцией, связанной с давлением в гидросистеме трактора P_1 , скоростью движения ТТА

Результаты показывают, что изменение длины буксирного устройства не влияет на разгрузку передних колес трактора (положительное свойство), но оказывает существенное влияние на догрузку задних колес трактора за счет разгрузки передней оси прицепа.

Значительное влияние на догрузку задней оси трактора оказывает расположение точки действия силы Q на дышло прицепа (рисунок 6).

Максимальная догрузка задней оси трактора достигается при одновременном увеличении расстояния до точки присоединения к раскосам (c) и уменьшении длины продольных нижних тяг навески с удлинителями (d).

Таким образом, применение догружающего устройства способствует повышению тягово-сцепных свойств трактора, что позволяет увеличить грузоподъемность прицепа.

Движение ТТА по неровной поверхности лесопарковой зоны вызывает изменения давления в силовой

V , высоты неровностей h , жесткостью шин $c_{\text{ш}}$ и пружины энергоаккумулятора c_3 , и прочих факторов x (температура окружающей среды, зазоры между сопрягаемыми деталями навесного устройства, деформация узлов ТТА и т.д.):

$$\gamma = f(P_1, V, h, c_{\text{ш}}, c_3, x) \quad (12)$$

Наиболее рациональным является рассмотрение возможных вариантов значений величины варьирования давления γ для момента прохождения неровности ведущей осью трактора. В этом случае, изменения давления в гидросистеме наиболее существенно влияют на управляемость трактора, плавность хода ТТА, лесные почвогрунты, условия труда механизатора, безотказность узлов и агрегатов ТТА. Основные положения системы, связанные с варьированием давления при догрузке ведущих колес трактора, выглядят следующим образом:

1. $\gamma_{\text{в}}=1$ – движение ведущей оси трактора по ровной горизонтальной поверхности;
2. $\gamma_{\text{в}}>1$ – движение ведущей оси трактора по поверхности типа выступ (насыпь), при въезде ТТА на склон, при выезде с подъема;
3. $\gamma_{\text{в}}<1$ – движение ведущей оси трактора по поверхности типа уступ (канав), при въезде ТТА на подъем, при выезде ТТА со склона.

В связи с большим количеством переменных в зависимости 12, определение величины варьирования γ теоретическим путем с необходимой достоверностью не представляется возможным. Определить величину γ целесообразно путем экспериментальных исследований.

В третьей главе «Программа и методика экспериментальных исследований» определены цель и задачи эксперимента, обоснован выбор измерительно-регистрирующей аппаратуры, разработаны методики измерений и обработки полученных результатов.

Программа экспериментальных исследований предусматривает получение необходимых данных для анализа тягово-сцепных свойств трактора путем лабораторных исследований, полевых испытаний с проверкой теоретических предпосылок.

Объектом исследования служил ТТА в виде колесного универсально-пропашного трактора МТЗ-80 в сцепе с двухосным прицепом 2ПТС-6.

Цель эксперимента – подтверждение теоретических предпосылок изменения тягово-сцепных свойств ТТА от перераспределения нагрузок между его осями и установление технико-экономических показателей.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи исследования:

1. Разработать методику экспериментального исследования.
2. Создать измерительную систему для фиксирования изучаемых явлений и результатов.
3. Провести лабораторные исследования для подтверждения теоретических предпосылок.
4. Провести испытания агрегата в лабораторно-полевых условиях.

Для выполнения экспериментального исследования был создан комплект измерительной аппаратуры представленный на рисунке 7.

Экспериментальный ТТА с догружающим устройством представлен на рисунке 8.

Лабораторные испытания проводились в статическом и динамическом режимах с переменной поосной установкой тягача на тензоплатформу электронных весов. Фиксация значений происходила в автоматическом режиме. В статике устанавливалась взаимосвязь между давлением в силовой гидросистеме и нагрузкой на оси трактора.



Рисунок 7 – Измерительная аппаратура (комплект): 1 – регистраторы; 2 – преобразователи (сумматоры) входного сигнала



Рисунок 8 – Экспериментальный ТТА: 1 – буксирное устройство; 2 – водило с упором; 3 – удлинители нижних тяг задней навески; 4 – измерительная платформа

На давление в гидросистеме трактора при оценке дорожной проходимости главным образом оказывает влияние характер преодоления препятствия типа выступ. Задачей динамических испытаний являлось установление зависимости между профильными неровностями поверхности и возникающими при движении по ним, изменениями в перераспределении нагрузок между осями ТТА. В качестве неровности выбрано препятствие «уступ-выступ» с высотами 50, 100, 150 и 200 мм, характерные для лесопарковых зон.

Цель лабораторно-полевых и хозяйственных испытаний: определение степени повышения технико-экономических показателей при использовании догрузки ведущих колес трактора в условиях недостаточного сцепления с почвой.

При проведении испытаний замерялись следующие параметры: время опыта, число оборотов ведущих колес трактора, расход топлива, давление в гидросистеме трактора. Погрешность измерения отдельных величин составила не более 1,5%. Результаты экспериментальных исследований обрабатывались общепринятыми методами математической статистики с использованием компьютерного программного обеспечения. Достоверность (погрешность) опыта находилась в пределах общепринятых допусков.

В четвертой главе «Результаты экспериментальных исследований» представлены зависимости изменения скорости движения ТТА, буксования ведущих колес и расхода топлива двигателем трактора, давления в силовой гидросистеме трактора от скорости ТТА и величины неровностей поверхности движения. Дана оценка технико-экономической эффективности предложенной разработки.

На основании экспериментальных данных, полученных в условиях стационара, установлено, что измерительная установка отражает реальный процесс изменения нагрузки на оси трактора в зависимости от давления в гидросистеме. Погрешность измерения составила не более 4%.

Полевые испытания проводились в учхозе «Уралец» УрГСХА на полевой дороге после дождя. Длина участка 100 м. При проведении испытаний замерялись следующие параметры: время опыта, число оборотов ведущих колес трактора, расход топлива, давление в гидросистеме трактора.

Результаты дорожных испытаний показывают, что с увеличением давления подпора в гидросистеме технико-экономические показатели работы агрегата повышаются. Скорость движения агрегата при увеличении давления от 0 до 2,8 МПа возросла с 8,64 до 9,40 км/ч, т.е. на 0,76 км/ч (8,8%). При этом буксование уменьшилось на 9,8% – по абсолютной величине, или относительно нулевого значения подпора на 60%. Массовый (часовой) расход топлива уменьшился с 8,29 до 7,20 кг/ч (на 1,09 кг/ч), или на 13,2%. Расход топлива на тонно-километр (за чистое время работы) снизился на 0,032 кг/т-км, или на 20%.

Экспериментальные исследования проведены для начальной догрузки ведущей оси трактора на 4,6 кН при расположении точки действия силы Q на дышло прицепа на расстоянии 1550 мм от задней оси трактора. Величина варьирования давления в гидросистеме трактора γ при скорости движения ТТА до 1 м/с через все рассматриваемые высоты неровностей имеет минимальные значения ($\gamma=1,7...1,8$). С ростом скорости до 1,5 м/с растет величина варьирования γ на 12 – 20%. На скоростях более 1,5 м/с наблюдается снижение γ на 5 – 10%. Волнообразный процесс изменения величины γ является следствием увеличения вертикальной составляющей ускорения при преодолении неровности, а также снижением демпфирующей способности догружающего устройства с помощью гидроаккумулятора. С ростом скорости движения сжатие пружины гидроаккумулятора достигает до 100%, и, вследствие не сжимаемости жидкости, силовая гидросистема трактора становится абсолютно жесткой (при условии наличия абсолютной герметичности внутри системы). Таким образом, во время преодоления неровностей высотой более 100 мм и скорости свыше 1,5 м/с возможна кратковременная потеря контакта управляемых колес с поверхностью движения.

Обеспечить возможность использования догружающего устройства в составе ТТА на скоростях более 6 км/ч и высотах неровностей свыше 100 мм следующими мерами:

1. Увеличением объема гидроаккумулятора и величины сжатия пружины.
2. Введением в систему догружающего устройства дополнительных демпфирующих элементов.

Теоретические предпосылки свидетельствуют об эффективности приближения точки присоединения дышла прицепа к задней оси трактора. В связи с этим проведены сравнительные испытания стандартного буксирного устройства (длина 420 мм) и опытного с укороченной базой (длина 120 мм).

При агрегатировании с опытным буксирным устройством снижается амплитуда колебаний давления при проезде через препятствие второй осью трактора во всем диапазоне скоростей и высот неровностей. Благодаря этому достигается меньшая разгрузка передней оси трактора и сохранение управляемости. Данный факт подтверждает теоретические предпосылки. С уменьшением длины буксирного устройства эффективность догрузки задней оси трактора возрастает за счет разгрузки передней оси прицепа, при одновременном снижении разгрузки передней оси трактора.

На рисунке 9 приведены результаты исследования перераспределения нагрузок между осями тракторно-транспортного агрегата при преодолении препятствия высотой 150 мм со скоростью 1 м/с.

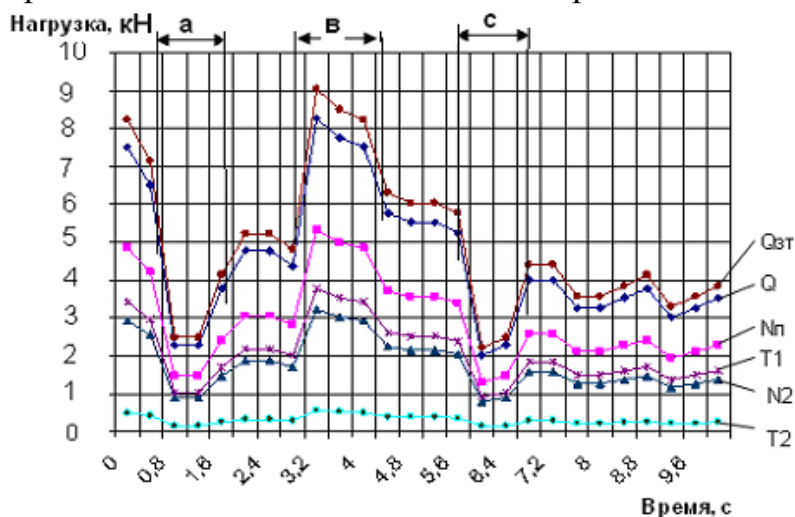


Рисунок 9 – Варьирование действия сил в элементах системы, при движении ТТА через неровность высотой 150 мм: Q_{zt} – догрузка задней оси трактора; Q – усилие, создаваемое на концах удлинителей догружающего устройства; $N_{п}$ – разгрузка передней оси трактора; N_2 – вертикальная нагрузка на пальцы крепления дышла прицепа с его рамой; T_1 – разгрузка передней оси прицепа; T_2 – догрузка задней оси прицепа, кН; диапазон переезда через неровность: а – передней осью трактора, в – задней осью трактора, с – передней осью прицепа

прицепа и трактора. Имеет место незначительная догрузка задней оси прицепа.

Хозяйственные испытания проведены с использованием стандартной методики хронометражных наблюдений. Проверка работоспособности ТТА в составе трактора МТЗ-80 и прицепа 2ПТС-6,0 проведена на влажных грунтовых дорогах, схожих с лесными почвогрунтами. Около половины опытного времени агрегат работал после выпадения атмосферных осадков.

Из полученных результатов видно, что догрузка задней оси трактора находится в диапазоне 2,5 ... 9,0 кН в зависимости от расположения задних и передних колес трактора относительно препятствия. Наибольшие значения сил проявляются при преодолении препятствия задними колесами трактора (в). При прохождении передними осями прицепа (с) и трактора (а) догрузка снижается относительно исходного значения.

Лабораторные исследования показали, что увеличение сцепной массы трактора осуществляется за счет разгрузки передней оси

Технико-экономические показатели эффективности применения системы догрузки выглядят следующим образом.

1. Производительность ТТА в составе МТЗ-80 с прицепом 2ПТС-6,0 выше, чем с прицепом 2ПТС-4,0, на 0,81 т/ч и на 5,28 т-км/ч. Это составляет 24 и 36% соответственно.
2. Буксование снизилось на 9,8% по абсолютной величине.
3. Экономия трудозатрат составляет 0,06 чел-ч на тонну перевезенного груза.
4. Расход топлива на тонно-километр снизился на 20%.
5. Себестоимость перевозки продукции снижается с 14,14 до 11,2 руб/т-км.
6. Срок окупаемости составляет 1,4 года.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Увеличение мощности двигателей тракторов типа МТЗ-80 не позволяет эксплуатировать прицепы увеличенной грузоподъемности, что обусловлено недостаточными тягово-сцепными свойствами и ограничением воздействия движителей на лесные почвогрунты. В связи с этим были определены требования по совершенствованию перераспределения нагрузок между осями агрегата за счет силовой гидросистемы трактора.

2. Установлены закономерности процесса перераспределения нагрузок между осями ТТА от параметров агрегата и системы увеличения сцепного веса.

3. Теоретическими исследованиями установлено, что при максимальном давлении в системе ГСВ (2,8 МПа) обеспечивается увеличение запаса тягового усилия на 56%, позволяющее трактору МТЗ-80 буксировать прицеп общей массой до 9 т в условиях лесных почвогрунтов и проселочных дорог.

4. В результате исследования диапазона размеров элементов системы, с целью повышения эффективности использования догрузки в составе ТТА, выявлена целесообразность уменьшения длины буксирного устройства и расположения точки приложения усилия к дышлу прицепа в пределах 1550 мм от задней оси трактора. Экспериментально доказано, что уменьшение длины буксирного устройства позволяет снизить разгрузку передних колес трактора, что обеспечивает сохранение управляемости трактора.

5. Установлена величина варьирования давления в гидросистеме трактора от воздействий неровностей лесопарковых зон и лесной дороги, которая находится в пределах 1,7 – 2,1 раза относительно исходного значения, при скорости движения агрегата до 10 км/ч и высоте преодолеваемой неровности до 200 мм. Преодоление таких неровностей рекомендуется выполнять на пониженных передачах.

6. Испытания показали, что применение догрузки ведущих колес трактора МТЗ-80 в условиях недостаточного сцепления позволяет использовать прицепы грузоподъемностью до 6 т. Обработкой результатов методами математической статистики определено, что снижение буксования составляет 60%, расхода топлива – 20%, скорость движения ТТА повышается на 8,8%.

7. За счет повышения грузоподъемности прицепа и снижения буксования производительность агрегата повысилась на 0,81 т/ч; себестоимость перевозки

груза снизилась на 2,94 руб/т-км. Годовой экономический эффект на агрегат составил 7 тыс. рублей.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Егоров, В.Н. Использование пропашных колесных тракторов на транспортных работах / Охотников Б.Л., Егоров В.Н. // Транспорт Урала. – 2010. – №4(27) – С.75-76.

2. Егоров, В.Н. Обоснование параметров устройства для соединения трактора с прицепом и перераспределения гидросистемой нагрузок между осями тракторного транспортного агрегата / Охотников Б.Л., Егоров В.Н. // Транспорт Урала. – 2010. – №4(27). – С.72-74.

3. Егоров, В.Н. Влияние неровностей дорожной поверхности на перераспределение нагрузок между мостами тракторного транспортного средства / Охотников Б.Л., Егоров В.Н. // Строительные и дорожные машины. – 2011. – №4. – С.37-39.

4. Егоров, В.Н. Сцепной вес трактора в функции давления в гидросистеме // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – №8. – С. 31-32.

Публикации в других изданиях

5. Егоров, В.Н. Методика изучения перераспределения нагрузок между осями ТТА с двухосным прицепом при использовании ГСВ / Охотников Б.Л., Егоров В.Н. // Сборник материалов VII Всероссийской научно-технической конференции. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. – С.68-69.

6. Егоров, В.Н. Перераспределение нагрузок между осями ТТА с использованием гидросистемы трактора / Охотников Б.Л., Егоров В.Н. // Материалы XLIX международной научно-технической конференции. – Челябинск: ЧГАА, 2010. Ч.1. – С.366-370.

7. Егоров, В.Н. Пути повышения проходимости тракторных транспортных агрегатов (ТТА) при неблагоприятных условиях движения / Охотников Б.Л., Егоров В.Н. // Сборник материалов VI Всероссийской научно-технической конференции. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2008. – С.162-164.

8. Егоров, В.Н. Эффективность использования колесных тракторов класса 1,4 на транспортных работах / Охотников Б.Л., Егоров В.Н. // Аграрный вестник Урала. – 2011. – №3(82). – С.58.

9. Егоров, В.Н. Влияние неровностей поверхности движения на изменение давления в гидросистеме трактора // Леса России и хозяйство в них. – 2011. – №3/40. – С.106-108.

Подписано в печать 16.02.2012 г. Объем 1,0 п.л. Тираж 100. Заказ № 620100, г.Екатеринбург, Сибирский тракт, 37.

Уральский государственный лесотехнический университет.
Отдел оперативной полиграфии.